



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**Y**

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

# **COMPARACIÓN ENTRE CENTRALES FOTOVOLTAICAS Y DE CONCENTRACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Departamento de Ingeniería Energética**

**Autor: Javier Pérez Caballero**

**Directores: Francesco Asdrubali  
Giorgio Baldinelli**

**Febrero 2012**

# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Hoy en día, en los albores del siglo XXI, el consumo de energías renovables representa una minoría en el total del consumo energético mundial. Afortunadamente esta situación está cambiando. Debido al cambio climático, provocado por los gases de efecto invernadero, y otras emisiones contaminantes, muchos países están desarrollando nuevas tecnologías no contaminantes con el objetivo de reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Las expectativas son que las energías renovables jueguen un papel mayor al final de este siglo. Así que merece la pena observar como el problema energético está siendo tratado hoy en día y cuales son las energías existentes para superar estas adversidades climáticas.

El objetivo principal de este presente proyecto es comparar dos tecnologías solares diferentes: fotovoltaica (FV) y por concentración solar (CS), para ver cual es más rentable y más apropiada dependiendo de la localización de las plantas, la potencia instalada, y otros aspectos de las mismas.

Para este propósito, se desarrollará un Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) de las plantas en estudio, usando los mismos parámetros (emplazamiento, radiación solar, unidad funcional,...) para poder realizar una comparación óptima. Para la implementación se ha utilizado el software SimaPro7 especializado en realizar ACV, y se han utilizado las metodologías de estudio: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (PICC), Demanda de Energía Acumulada (DEA) y el Ecoindicador 99, que cuenta con 11 categorías de impacto (Cancerígenos, Respiratorios Orgánicos, Respiratorios Inorgánicos, Cambio climático, Radiación, Capa de Ozono, Ecotoxicidad, Acidificación/Eutrofización, Uso del Suelo, Minerales y Combustibles fósiles).

## 2. METODOLOGÍA DE LA ECV

La ECV es la herramienta más importante para cuantificar el impacto real de la planificación e instalación de plantas de energía renovable sobre sus alrededores, y para entender como las nuevas tecnologías puedes reducir la huella medioambiental de sus instalaciones.

Los objetivos de la ECV son evaluar los efectos de la interacción entre un producto o servicio con el medio ambiente, ayudando a comprender los impactos directos e indirectos causados por el mismo. La ECV considera las interacciones con el entorno durante el ciclo de vida completo de la planta, incluyendo:

- pre-producción (ej. Extracción de las materias primas);
- producción/Fase de construcción;
- distribución/Transporte;
- uso (incluyendo reutilización y mantenimiento);
- fase de desmantelamiento;
- reciclado y/o eliminación de desechos;

Para la realización de esta EVC se han de llevar a cabo cuatro claros pasos:

- definición de los objetivos y alcance del estudio;
- inventario del ciclo de vida: recopilación de todos los flujos medioambientales de entrada y salida;
- evaluación de impactos en el ciclo de vida;
- interpretación de los resultados del estudio;

### 3. ECV DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA

Se ha seleccionado la central fotovoltaica “Parque Solar El Coronil”, porque está situada en el mismo área que la planta de concentración solar de Torresol Energy, con la cual queremos comparar el resto de las centrales en estudio (Sevilla, España) y porque tiene la misma potencia instalada.

El parque solar El Coronil tiene una potencia de salida de 20 MW, distribuidos en dos plantas de 10 MW cada una, la primera (Coronil I), está formada por seguidores solares y la segunda (Coronil II) está compuesta por paneles fijos. La instalación solar ocupa un total de 90 hectáreas.

Los datos utilizados para llevar a cabo el análisis han sido obtenidos de la literatura, complementado con datos obtenidos de la base de datos *Elsevier* de la Università degli studi di Perugia y *Ecoinvent* del software SimaPro.

Para comparar las tres centrales en estudio de una manera acertada y óptima, es necesario referir todos los resultados obtenidos a la energía de salida producida por cada central. Por lo tanto la unidad funcional utilizada es 1 GWh<sub>e</sub> de energía.

En el *inventario del ciclo de vida* se han tenido en cuenta tres fases:

#### Fase de construcción

En primer lugar se distingue entre la construcción de los diferentes componentes de la instalación. Se han tenido en cuenta: los paneles fotovoltaicos, inversores, transformadores y otros componentes.

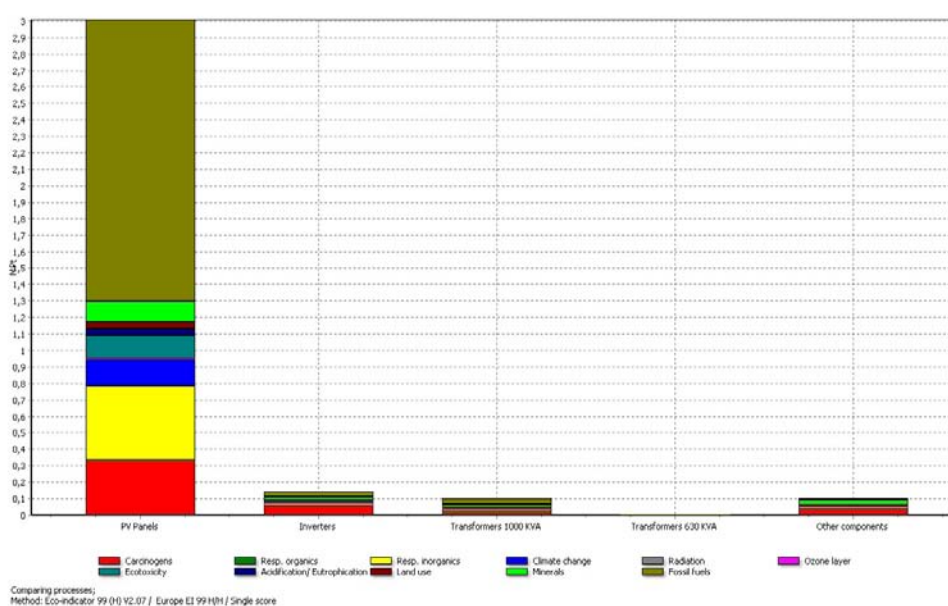
### Fase de uso

Los seguidores cuentan con un mecanismo que permite su movimiento en dos ejes, por lo tanto necesita un mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida. Además en el uso diario de la planta se precisa de un consumo de energía para el correcto funcionamiento de la misma. Este consumo eléctrico por año se contabiliza como 10.000 MWh/yr. Para el consumo de esta energía se proyectarán dos escenarios: consumo de la red eléctrica general y autoconsumo de la energía generada en la propia planta.

### Fase de finalización

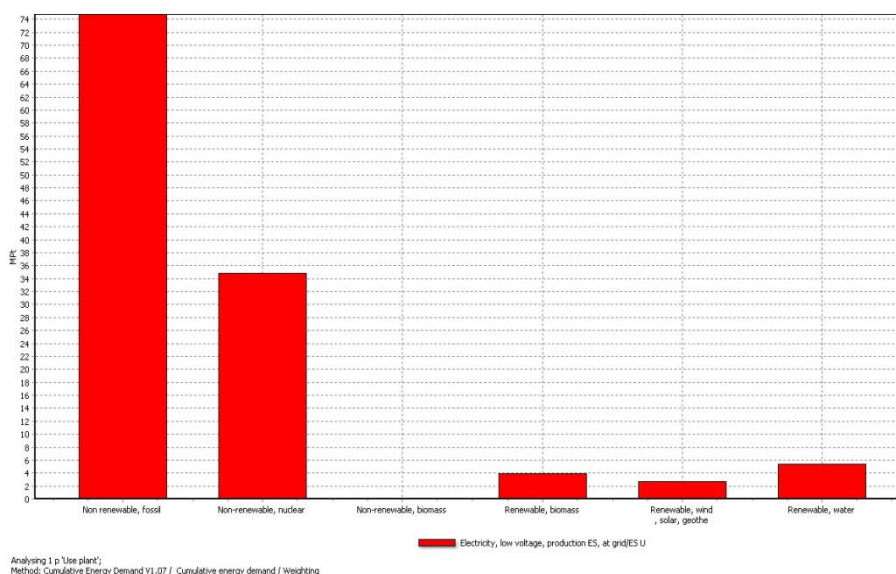
En el final del ciclo de vida de los materiales se pueden considerar tres escenarios diferentes: reciclado, incineración y enterramiento de residuos. Para conocer que hacer con cada material se ha utilizado la información del Instituto Nacional de Estadística.

Para la *interpretación de los resultados* se han utilizado las tres metodologías mencionadas anteriormente. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



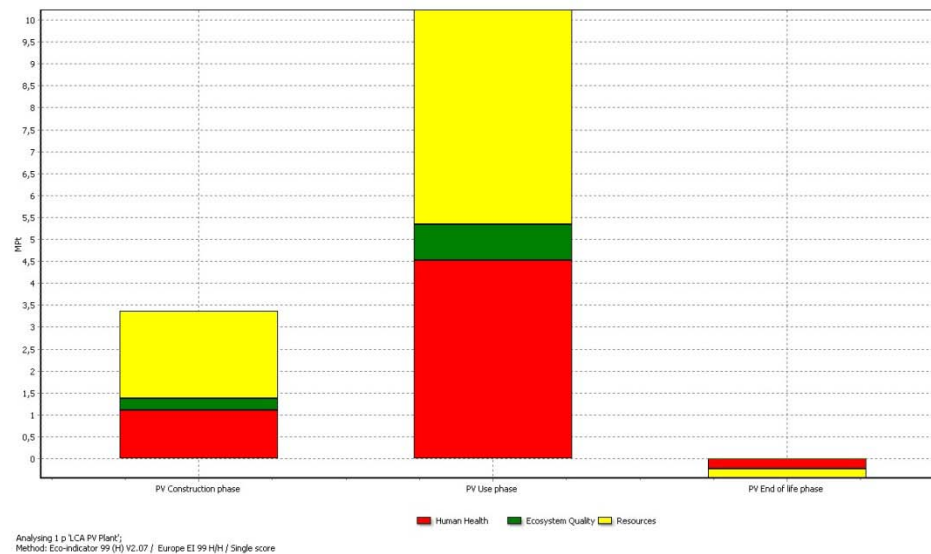
Utilizando el Ecoindicador 99 se observa que el mayor impacto es debido a los paneles fotovoltaicos (se obtienen los mismos resultados con el PCCC, pero en este caso enfocados a las emisiones de efecto invernadero). Esto es debido a que el número de los mismos comparado con el resto de componentes de la instalación es realmente alto, de hecho ocupan la mayor parte del área útil de la instalación.

Por otro lado, al utilizar el DEA observamos que de la energía consumida de la red general durante la fase de operación de la planta, el mayor impacto es debido a la utilización de combustibles fósiles en el mix de producción de energía española. Cabe destacar que este aspecto está cambiando hoy en día debido a que el gobierno de España está invirtiendo mucho dinero en el desarrollo de energías limpias para la producción de energía.



Finalmente, se analiza el impacto de las diferentes fases en conjunto. Se observa que el valor de la fase de operación es mucho mayor que el resto, debido a que esta fase se tiene en cuenta durante el ciclo de vida total de la planta, que en este caso es de 25 años, mientras que las fases de construcción y desmantelamiento solo se consideran una vez.

También se puede destacar el efecto negativo de la fase de desmantelamiento, debido a que del proceso de tratamiento de residuos resulta un producto útil que puede ser reciclado o reutilizado. Por lo tanto, la energía y flujo de materiales son vistos como un beneficio medioambiental, y de ello resulta que la contribución al impacto ambiental es negativa.



Por último también se ha calculado el Tiempo de Recuperación de Energía (TRE), que es el tiempo que le lleva a una central eléctrica generar la misma cantidad de energía consumida en la construcción, operación y desmantelamiento de la misma. En este caso el TRE es de 4 años, lo que está en concordancia con los resultados obtenidos de la literatura.

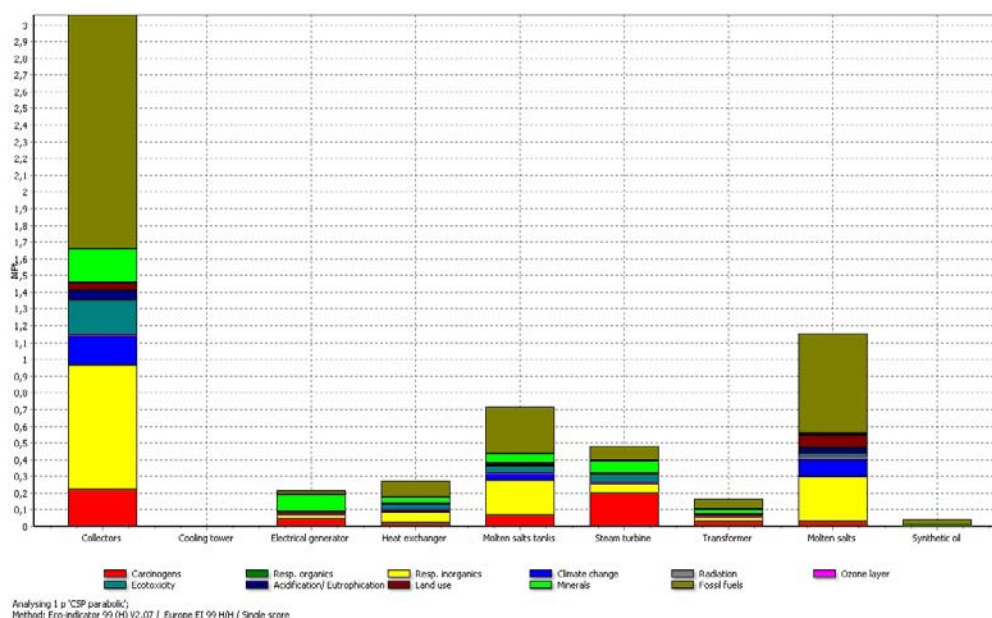


## 4. ECV DE UNA PLANTA DE CS CILINDRO-PARABÓLICA

Se ha seleccionado la central solar “Valle 1”, porque es propiedad de Torresol Energy y está situada en la misma región que la planta Gemasolar (Andalucía, España). La potencia instalada es de 50 MW, lo que difiere con la planta de torre central, pero no es problema a la hora de hacer la comparación ya que todos los resultados estarán referidos a la unidad funcional como se explicó anteriormente.

En el *inventario del ciclo de vida* se han tenido en cuenta las tres mismas fases que en el caso anterior: construcción, operación (con un consumo eléctrico en este caso de 16.338 MWh/yr) y finalización.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



Utilizando el Ecoindicador 99 se observa que el mayor impacto es debido a los colectores solares (mismos resultados con el PICC). Esto es debido a que el número de los mismos comparado con el resto de



componentes de la instalación es realmente alto, al igual que en el caso anterior.

Por otro lado, al utilizar el DEA observamos los mismos resultados que en la central fotovoltaica.

Finalmente, se analiza el impacto de las diferentes fases en conjunto y se observan de nuevo los mismos resultados que en la central FV. En cuanto al TRE su valor para la central cilindro-parabólica es de 1,3 años, que concuerda también con los datos observados en la literatura.

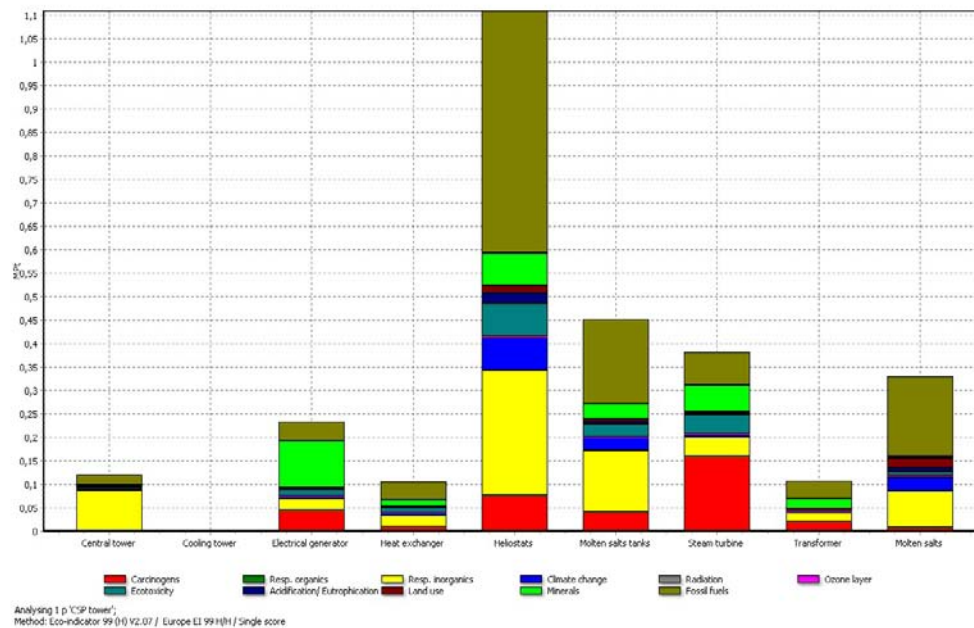
## 5. ECV DE UNA PLANTA DE CS TORRE CENTRAL

Se ha seleccionado la central solar “Gemasolar”, porque es la planta que queremos comparar con el resto. La potencia instalada es de 20 MW.

En el *inventario del ciclo de vida* se han tenido en cuenta las tres mismas fases que en los casos anteriores: construcción, operación (con un consumo eléctrico en este caso de 10.757 MWh/yr) y finalización.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Utilizando el Ecoindicador 99 se observa que el mayor impacto es debido a los heliostatos (mismos resultados con el PICC). Esto es debido a que el número de los mismos comparado con el resto de componentes de la instalación es realmente alto, al igual que en los casos anteriores.

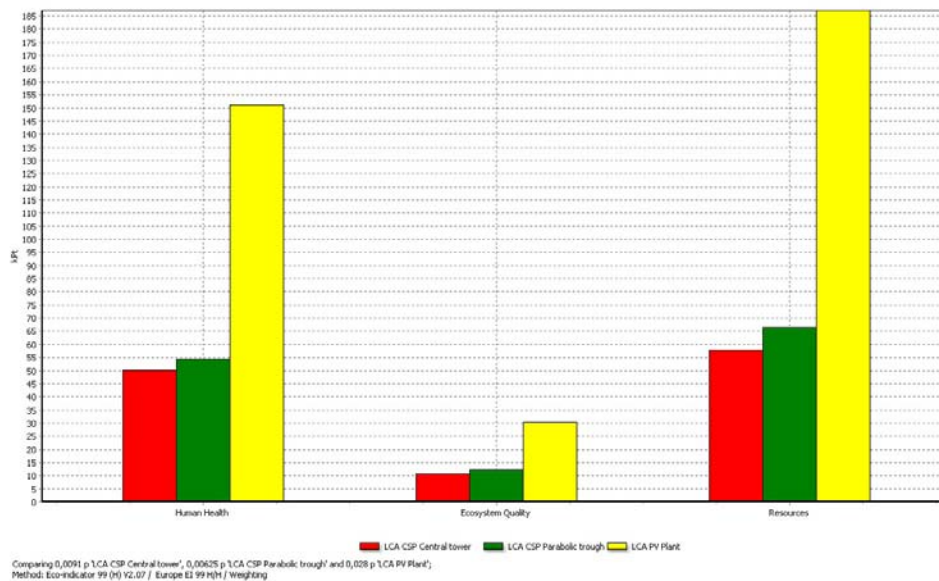


Por otro lado, al utilizar el DEA observamos los mismos resultados que en la central fotovoltaica y cilindro-parabólica.

Finalmente, se analiza el impacto de las diferentes fases en conjunto y se observan de nuevo los mismos resultados que en las centrales previas. En cuanto al TRE su valor para la central cilindro-parabólica es de 9,2 meses, que concuerda también con los datos observados en la literatura.

## 6. COMPARACIÓN DE LAS ECV DE LAS DIFERENTES PLANTAS

### Eco-indicador 99

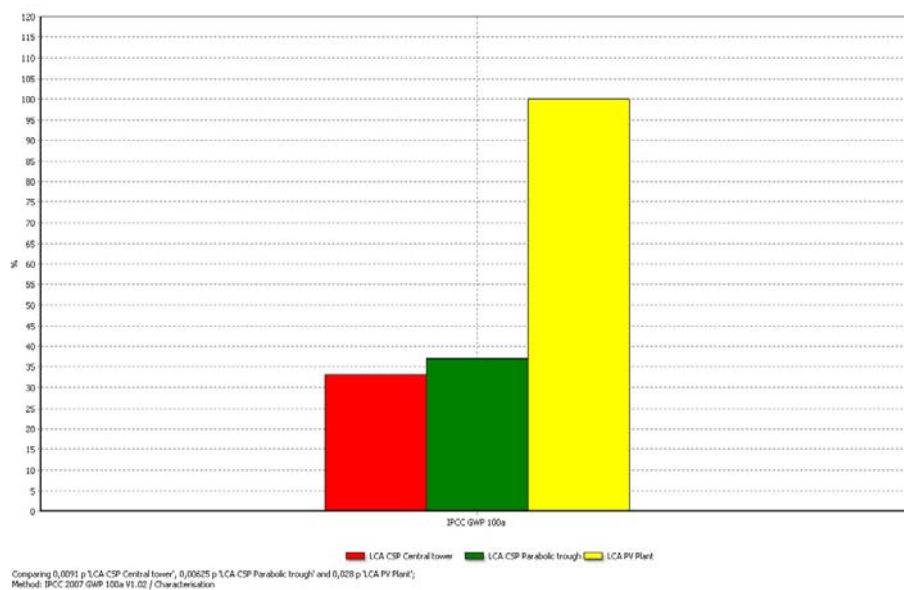


Como se puede observar en el gráfico anterior las dos centrales de concentración solar tienen más o menos los mismos resultados (la de colectores cilindro-parabólicos un poco más perjudicial) y la central fotovoltaica es la que tiene los valores más altos en todas las categorías de impacto.

Desde un punto de vista general, se puede decir que las centrales de CS son siempre preferibles a las FV, y dentro de las CS es menos dañina para el medio ambiente la de torre central.

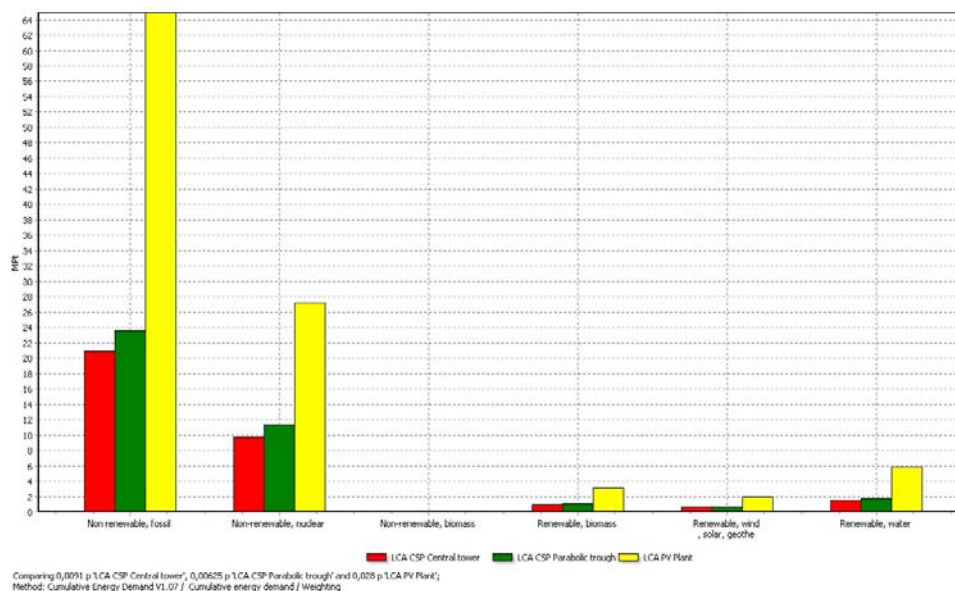
### PICC: Emisiones sobre el Calentamiento Global

Con este método se observan los mismos resultados que en el método anterior.



## Demanda de Energía Acumulada DEA

Con este método se observan los mismos resultados que en el método anterior.



Si consideramos el *autoconsumo de energía* durante la fase de operación de la planta de la producción anual de la misma, se obtienen los siguientes resultados:

El orden de las plantas más contaminantes es el mismo, pero en este caso la diferencia entre las dos centrales de CS es más notable y sobre todo la principal diferencia que se observa, en los tres métodos de análisis, es que el evidentemente ahora el impacto sobre el medio ambiente es significativamente menor, menos agresivo lo que se puede entender como un beneficio medioambiental.

## 7. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que usando los tres métodos de análisis, la central fotovoltaica es la más contaminante de todas, hoy en día no puede competir con las tecnologías de CS en lo referente a los términos medioambientales en función de la producción de energía eléctrica. Por otro lado, si comparamos las dos centrales de CS se observa que la central de torre central es menos perjudicial que la cilindro-parabólica.

También se pueden incluir en la comparación otros aspectos además de los medioambientales, como económicos, área de captación solar, TRE,... para ver cual es la mejor opción desde un punto de vista global, obteniendo que:

Gemasolar requiere una menor inversión y área de captación solar, además de tener un TRE menor que el resto. Cabe destacar que su producción anual es menor que en el caso de la cilindro-parabólica, pero ello es debido a que la potencia instalada en la turbina de vapor es también menor.